

---

## PENANGANAN KECELAKAAN RADIASI SUMBER HILANG DI MEDAN TERBUKA

Akhmad Saogi Latif (\*)  
(\*) Bidang Keselamatan Kerja,  
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

### ABSTRAK

*Telah dilakukan penanganan kecelakaan radiasi. Kecelakaan radiasi pada kasus hilangnya sumber radiasi di medan terbuka banyak terjadi pada saat dilakukan pekerjaan radiografi, misalnya pada saat pengecekan kebocoran pada sambungan pipa atau pengelasan tabung baja. Kasus kecelakaan yang terjadi misalnya terlepasnya sumber CO-60 dari tabungnya, baik kesalahan prosedur maupun kecelakaan yang tidak disengaja. Kecelakaan seperti ini harus segera dilaporkan kepada petugas proteksi radiasi (PPR) dan PPR akan segera membuat laporan kepada Penguasa Instalasi (PI) dan seterusnya akan dilaporkan kepada Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN). Dalam kasus ini PPR akan segera melakukan tindakan dengan melokalisir lokasinya dan mencari sumber yang hilang dengan metode zig-zag, melingkar dan sisir.*

*Kata kunci : Kecelakaan, radiasi, sumber hilang, medan terbuka.*

### PENDAHULUAN

Sumber radiasi gamma yang digunakan dalam pekerjaan radiografi seringkali mempunyai aktivitas besar, yang mempunyai potensi bahaya paparan yang besar, untuk itu perlu pengendalian terhadap pemakaian sumber tersebut agar tidak terjadi keadaan yang tidak terduga yang menimbulkan paparan radiasi yang tidak terkendali dan dengan cepat menyadari keadaan darurat yang ditimbulkan dan segera menanganinya. Keadaan tak terduga dan tidak terkendali bisa terjadi pada:

1. Saat pengangkutan.
2. Kebakaran.
3. Kelalaian pekerja radiasi saat melakukan pekerjaan.

Peraturan Pemerintah Nomor 11 Tahun 1975 (Pasal 1) tentang kecelakaan nuklir yang mendefinisikan kecelakaan radiasi sebagai

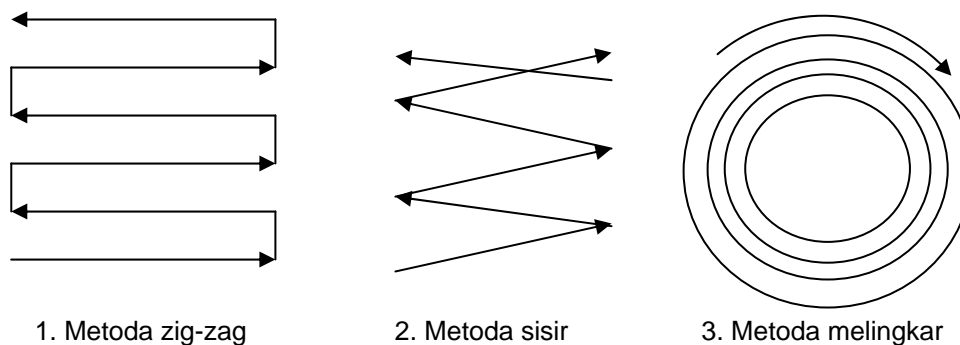
suatu kejadian diluar dugaan yang memungkinkan timbulnya bahaya radiasi dan kontaminasi baik bagi pekerja maupun bukan pekerja radiasi<sup>[5]</sup>.

Kecelakaan radiasi yang mungkin terjadi sangat beraneka ragam bentuknya. Salah satu bentuk kecelakaan radiasi adalah kasus hilang atau tercecernya suatu sumber radiasi. Hal ini biasanya disebabkan kelalaian pekerja radiasi yang tidak mengikuti prosedur kerja yang telah ditetapkan. Sumber yang hilang tersebut harus segera ditangani karena dapat menimbulkan bahaya radiasi eksterna bagi pekerja khususnya maupun masyarakat umum disekitar kejadian. Dalam pencarian sumber hilang/tercecer, lokasi yang paling mungkin kedudukan sumber hilang ditentukan lebih dulu. Pencarian pada daerah tersebut dilakukan dengan beberapa metode, seperti metoda sisir, zig-zag, dan melingkar.

Dalam melakukan penanggulangan kecelakaan radiasi yang harus diperhatikan

adalah azas proteksi radiasi. Kombinasi antara waktu, jarak dan penahan radiasi akan sangat

efektif dalam merencanakan tindakan penanggulangan kecelakaan radiasi.



Gambar 1. Metoda pencarian sumber hilang di medan terbuka

Selang waktu maksimum untuk bekerja di medan radiasi dapat ditentukan dengan mengacu pada batas dosis yang diizinkan. Penggunaan telesurveymeter dan long tang sebagai factor jarak yang akan mengurangi paparan radiasi yang diterima oleh petugas. Demikian pula dengan penggunaan penahan radiasi Pb merupakan keharusan yang dapat dipakai bilamana keadaan memungkinkan.

radiografi, berapa laju paparan pada jarak 10m apabila diketahui faktor gamma untuk CO-60  $\Gamma = 1,3(Rm^2 / Ci \text{ jam})$ .

Penyelesaiannya adalah: 
$$\dot{X} = \Gamma \frac{A}{r^2} =$$

$$\frac{1,3 \cdot 500}{500} = 6,5 \text{ mR/j} = 0,065 \text{ mSv/j}$$

Sehingga apabila operator sedang bekerja pada jarak 10m dari sumber dengan aktivitas 500 mCi , maka hanya akan terkena laju paparan 0,065 mSv/j. Namun dalam NBD yang ditetapkan harian adalah 25  $\mu$  Sv maka untuk mencari tingkat keamanan untuk pekerja dalam bekerja adalah dengan mengurangi waktu lamanya bekerja dengan cara sebagai berikut:

$$\frac{65 \mu \text{ Sv}}{25 \mu \text{ Sv}} \times 60 \text{detik} = 157 \text{ detik}$$

$$= 2,6 \text{ menit}$$

Sehingga berdasarkan nilai batas dosis (NBD) yang diterima seluruh tubuh per tahun adalah sebesar 50mSv maka bisa dikatakan masih aman bagi operator untuk bekerja apabila dalam setiap harinya pekerja berada dalam medan radiasi selama 2,6 menit.

Dalam proteksi radiasi cara untuk mengurangi akibat radiasi eksterna dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa teknik berikut ini<sup>[1]</sup>:

**TEORI**

**Laju paparan ( $\dot{X}$ )**

Laju paparan radiasi gamma untuk sumber titik pada jarak tertentu dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\dot{X} = \Gamma \frac{A}{r^2} \tag{1}$$

dengan  $\dot{X}$  adalah laju dosis paparan radiasi pada jarak r dari sumber (mR/jam), A adalah aktvitas sumber (Ci),  $\Gamma$  adalah faktor gamma atau laju paparan suatu sumber (mR/jam) pada jarak satu meter dengan aktivitas sumber 1 Ci dan r adalah jarak sumber dengan posisi pengukuran (m).

Persamaan (1) dapat diaplikasikan dalam bentuk persoalan sebagai berikut:

Misal suatu sumber radiasi CO-60 dengan aktivitas 500 mCi akan digunakan dalam

1. Jarak = memaksimalkan jarak dari sumber radiasi.
2. Waktu = meminimalkan waktu pemaparan.
3. Penahan = memasang penahan radiasi yang sesuai dengan jenis radiasinya.

### 1. Faktor jarak

Dengan menambah jarak antara sumber radiasi dengan pekerja radiasi akan memperkecil bahaya radiasi berbanding terbalik dengan kwadrat jarak, dalam keadaan darurat, mengambil jarak yang lebih jauh secepatnya merupakan tindakan yang terbaik. Untuk mengetahui perbandingannya maka dapat digunakan persamaan berikut  $D r^2 = K$ , karena K adalah konstanta maka dapat ditulis menjadi.

$$D_1 r_1^2 = D_2 r_2^2 \quad (2)$$

Dengan  $D_1$  adalah laju dosis pada jarak  $r_1$  dan  $D_2$  adalah laju dosis pada jarak  $r_2$

### 2. Faktor waktu.

Besar paparan radiasi yang diterima oleh seseorang yang sedang bekerja dengan laju paparan tertentu berbanding langsung dengan lama waktu orang tersebut berada ditempat tersebut, dalam hal ini dapat digunakan persamaan sebagai berikut<sup>(1)</sup>:

$$X = D \cdot t \quad (3)$$

Dengan  $X$  adalah paparan yang diterima,  $D$  adalah laju paparan dan  $t$  adalah selang waktu. Hubungan besaran paparan ( $X$ ), Dosis serap( $D$ ), dan dosis equivalent ( $H$ ) adalah  $D = 0,877 \cdot X$  dan  $H = D \cdot Q$ .  $N$  dengan  $X$  adalah paparan radiasi dengan satuan roentgen (R),  $D$  adalah dosis serap dengan satuan gray (Gy) atau rad (1Gy = 100 rad),  $H$  adalah dosis ekivalen dengan satuan Sievert (Sv) atau rem (1Sv = 100 rem),  $Q$  adalah

factor kualitas atau factor bobot radiasi, yaitu kuantitas efek radiasi yang menimbulkan akibat atau kerusakan biologis dan  $N$  adalah factor modifikasi seperti distribusi zat radioaktif dalam tubuh, pengaruh laju dosis, untuk proteksi radiasi  $N$  dianggap 1.

### 3. Faktor penahan radiasi.

Laju paparan sinar gamma di suatu titik setelah melalui penahan berkurang secara eksponensial, yang secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$\overset{\circ}{X} = \overset{\circ}{X}_1 \cdot e^{-\mu x} \quad (4)$$

dengan  $\overset{\circ}{X}$  adalah laju paparan setelah melalui penahan,  $\overset{\circ}{X}_1$  adalah laju paparan tanpa penahan radiasi,  $\mu$  adalah koefisien serap linier dan  $x$  adalah tebal penahan.

Dengan menggunakan penahan radiasi laju dosis dapat dikurangi, sementara pekerjaan dapat diselesaikan dengan baik pada jarak tidak terlalu jauh dari sumber. Tebal dan jenis bahan penahan yang diperlukan bergantung pada:

- a. jenis dan energi radiasi.
- b. Aktivitas sumber.
- c. Laju dosis yang dapat diterima setelah radiasi melewati penahan.

### TATA KERJA

Untuk menangani kecelakaan radiasi sumber hilang di medan terbuka dapat dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Melaporkan kejadian kecelakaan dari petugas proteksi radiasi (PPR) kepada penguasa instalasi (PI).
2. Menyelamatkan korban.
3. Mengisolasi daerah kecelakaan radiasi.
4. Melaporkan kepada instansi yang berwenang yaitu BAPETEN yang meliputi:

- a. deskripsi kecelakaan.
  - b. metoda yang digunakan untuk mengamankan sumber.
  - c. evaluasi paparan radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi, pelaksana kedaruratan dan masyarakat.
  - d. penyebab kecelakaan.
  - e. tindakan penyelamatan yang diambil.
5. Mencatat nama sumber, jenis, aktivitas dan bentuk sumber
  6. Menyiapkan peralatan (surveymeter, shielding, tali kuning, tanda radiasi).
  7. Memeriksa surveymeter (batere, kalibrasi dan faktor kalibrasi).
  8. Menentukan perkiraan daerah lokasi sumber yang paling memungkinkan dan beri tanda radiasi.
  9. Melakukan pencarian sumber dengan metoda zig-zag, sisir dan melingkar.
  10. Menentukan daerah radiasi pada laju paparan  $7,5 \times 10^{-3}$  mSv/j,  $2,5 \times 10^{-3}$  dan  $2,5 \times 10^{-2}$ .
  11. Membuat berita acara kecelakaan radiasi dengan menggunakan format yang ada.

## PEMBAHASAN

Potensi kecelakaan radiasi sering dijumpai dibidang pekerjaan radiografi, kecelakaan dibidang ini pada umumnya disebabkan oleh kesalahan operator yang tidak mengikuti prosedur keselamatan. Secara garis besar kecelakaan radiasi dapat disebabkan oleh faktor berikut:

- a. tidak tersedianya sistem pengaman peralatan sumber radiasi yang baik.
- b. tidak tersedianya prosedur keselamatan kerja.

- c. kegagalan peralatan.
- d. kerusakan pada alat ukur radiasi.

Dalam pelaksanaan pekerjaan radiografi potensi bahaya kecelakaan yang terjadi adalah terlepasnya sumber dari tabungnya dan rusaknya kolimator, sehingga penanganannya harus dilakukan dengan hati-hati

Pada kasus kecelakaan radiasi sumber yang terlepas atau hilang akan ditangani oleh PPR, dengan melakukan pengamanan kecelakaan dengan metoda zig-zag, sisir dan melingkar, metoda ini sangat efektif dilakukan dimedan terbuka.

Dalam tindakan penanganan kecelakaan radiasi ini harus memperhatikan tiga prinsip proteksi radiasi yaitu:

- faktor jarak.
- faktor waktu.
- faktor penahan.

Dengan mengacu pada batas dosis yang diizinkan penggunaan tele *surveymeter* dan *long tang* sebagai faktor jarak akan sangat efektif untuk menguragni radiasi yang diterima oleh petugas. Dalam pembahasan ini akan diberikan contoh persoalan yang membahas tentang penanganan kecelakaan radiasi dengan memperhatikan aspek keselamatan dengan azas proteksi radiasi yaitu: 1.faktor jarak 2.faktor waktu 3. penahan radiasi, akan diuraikan sebagai berikut:

- Faktor jarak

Misalnya, laju dosis pada jarak 2m ( $r_1$ ) dari sumber adalah 480 mR/j dan laju dosis pada jarak  $r_2$  terukur 120 mR/j, maka jarak  $r_2$  antara pekerja dengan sumber tersebut dapat dicari dengan menggunakan rumus (2). Dengan menggunakan persamaan (2) tersebut diperoleh nilai jarak anatara pekerja dengan sumber ( $r_2$ ) sebesar 4 m.

Dari hasil perhitungan di atas maka pekerja dapat bekerja dengan aman pada

jarak 4 m dari sumber dengan laju dosis yang terukur  $120 \text{ mR/j} = 1,2 \text{ mSv}$ .

Apabila dibandingkan dengan nilai batas dosis (NBD) untuk penyinaran seluruh tubuh pertahun yang ditetapkan  $50 \text{ mSv}$  maka dianggap masih aman bagi pekerja.

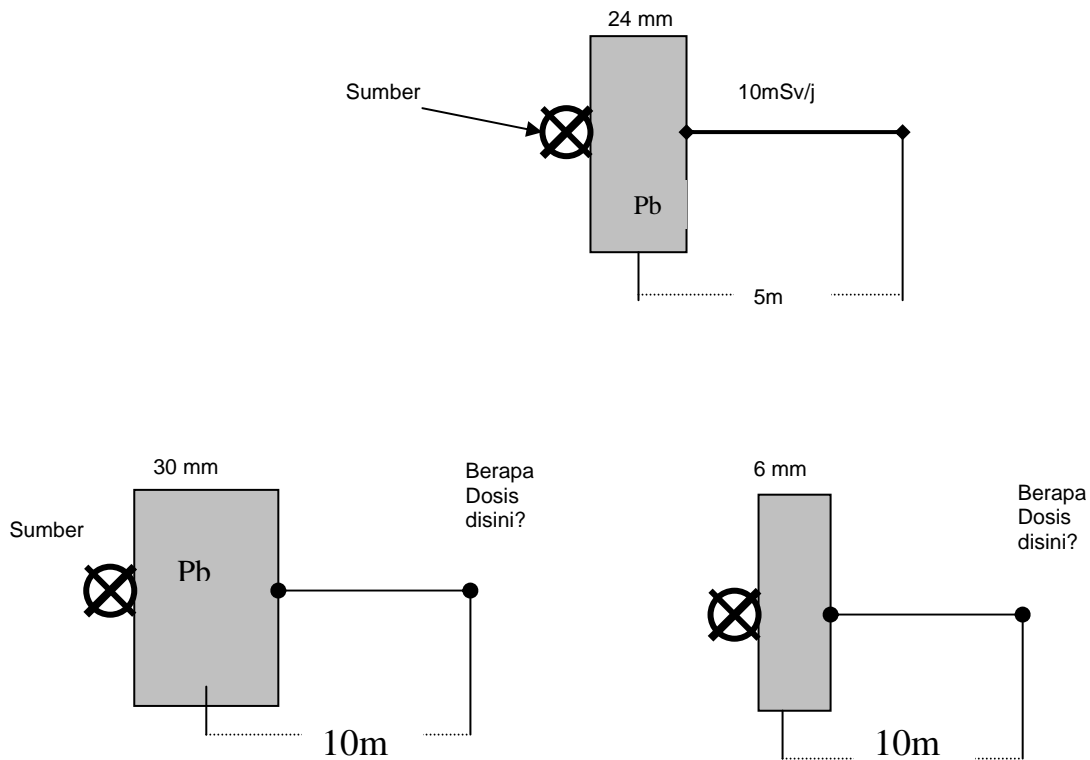
- Faktor waktu

Seorang pekerja radiasi bekerja selama 10 menit pada jarak 4m dari sumber, dengan laju dosis  $480 \text{ mR/j}$ , jarak posisi pengukuran 2m, maka dosis yang diterima oleh pekerja radiasi selama waktu tersebut dapat dicari dengan menggunakan persamaan (3). Dengan menggunakan persamaan (3) tersebut diperoleh dosis radiasi yang diterima pekerja sebesar  $= 0,2 \text{ mSv/j}$ . Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa berdasarkan nilai batas dosis (NBD) jangka waktu satu tahun untuk penyinaran seluruh tubuh yang diterima pekerja radiasi ditetapkan  $50\text{mSv}$  pertahun, sehingga apabila pekerja

radiasi menerima  $0,2 \text{ mSv/j}$  dapat diartikan masih aman bagi pekerja dan tidak berdampak bagi pekerja apabila tidak melebihi NBD pertahun

- Faktor penahan

Pada persoalan ini akan dibahas penyelesaiannya yang berhubungan dengan faktor penahan radiasi, misal suatu sumber radiasi diberi penahan setebal  $24 \text{ mm}$ , memberikan laju dosis pada jarak  $5\text{m}$  sebesar  $10\text{mSv/j}$ . Apabila diketahui serapan linier bahan penahan radiasi sebesar  $0,231/\text{mm}$ , maka dapat dihitung laju dosis pada jarak  $10 \text{ m}$  dari sumber tersebut yang diberi penahan setebal  $30 \text{ mm}$ . Dengan memperhatikan Gambar 2 dan persamaan (4) diperoleh penyinaran seluruh tubuh sebesar  $0,625 \text{ mSv/j}$ . Bila hasil tersebut dibandingkan NBD tahunan yaitu sebesar  $50 \text{ mSv}$  maka dosis yang diterima seluruh tubuh pekerja masih aman.



Gambar 2. Lembaran Pb penahan radiasi (*Shielding*)

Contoh-contoh perhitungan di atas dapat digunakan dalam penanganan kecelakaan radiasi sumber terbuka baik digunakan untuk metoda *zig-zag*, sisir maupun melingkar. Pada kasus kecelakaan banyak dilakukan dengan metoda melingkar, sebab dalam suatu daerah medan terbuka memerlukan pemantauan paparan yang teliti sehingga metoda melingkar sangat cocok digunakan untuk mencari sasaran sumber radiasi di lokasi yang luas. Untuk metoda *zig-zag* dan sisir pada dasarnya banyak digunakan apabila pencarian dilakukan di lokasi yang kurang luas.

### **SIMPULAN**

Dari hasil pembahasan ini dapat diambil kesimpulan diantaranya adalah:

Dengan metoda *zig-zag*, sisir dan melingkar akan sangat efektif dan mudah penanganannya.

Metoda melingkar banyak digunakan dalam penanganan kecelakaan radiasi di lokasi yang luas.

Penanganan metoda sumber hilang di medan terbuka memerlukan ketelitian PPR dalam menentukan prinsip proteksi radiasi.

Kecelakaan radiasi adalah kejadian yang tidak direncanakan, termasuk kesalahan operasi, ataupun kesalahan prosedur.

### **DAFTAR PUSTAKA**

1. Diklat proteksi radiasi. PUSDIKLAT-BATAN, JAKARTA, 1990.
2. Kecelakaan radiasi dan penanggulangannya, Diklat Petugas Proteksi Radiasi, PUSDIKLAT -BATAN 2005.
3. Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor: 01/Ka – BAPETEN/ V - 99
4. Metoda penanganan kecelakaan sumber hilang, Diklat Petugas Proteksi Radiasi. PUSDIKLAT JAKARTA 2005.
5. Peraturan Pemerintah No 11 Tahun 1975